Esplorazione di Marte

Voce principale: ***Marte (astronomia)***.

L'**esplorazione di Marte** è stata una parte importante delle missioni di esplorazione spaziale dell'Unione Sovietica ed ora della Federazione russa, degli Stati Uniti d'America e dell'Europa; alle organizzazioni di tali paesi si sono aggiunte dagli anni 2010 India e Cina. Dagli anni sessanta sono state inviate verso Marte dozzine di sonde automatiche senza equipaggio, che includevano *orbiter*, *lander* e *rover*, per raccogliere dati e rispondere a domande sul pianeta rosso e il suo passato, che potrebbero portare a scoperte ulteriori per il passato, presente e futuro della Terra.

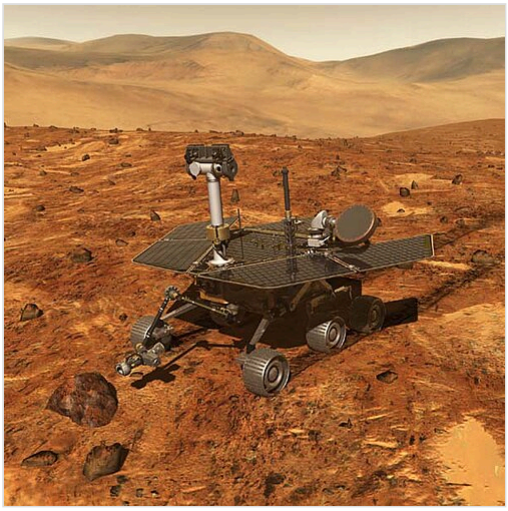


Immagine generata al computer di uno dei due *rover* esplorativi marziani che atterrarono sul pianeta nel 2004

Problemi scientifici

Le prime osservazioni telescopiche rivelarono cambiamenti cromatici che furono originalmente attribuiti a vegetazione stagionale e segni lineari ("canali di Marte") che si credeva fossero dovuti a esseri intelligenti. Queste primitive ed erronee interpretazioni causarono un grande interesse pubblico per Marte. Altre osservazioni telescopiche rivelarono due piccole lune, canali prosciugati e depressioni, calotte polari, il monte Olympus (la montagna più alta del sistema solare) e la Valles Marineris (il più grande sistema di canyon del sistema solare). Marte è un pianeta roccioso, simile alla Terra (i due pianeti si sono formati circa alla stessa epoca) ma con un diametro pari alla metà di quello terrestre e con una superficie desertica e fredda. Tra gli interrogativi che gli scienziati si pongono, i principali sono:

1. Come si differenzia la composizione di Marte da quella delle Terra e perché i due pianeti si sono evoluti in modo così diverso?
2. Come si differenzia lo stato e la composizione interna di Marte da quella della Terra?
3. Marte è ancora geologicamente attivo?
4. Quali risorse naturali sono disponibili sulla superficie per un futuro per l'uso da parte dell'uomo?
5. Nel passato era presente un'atmosfera più densa?
6. Nel passato erano presenti oceani?
7. Quali cambiamenti climatici sono avvenuti durante la sua storia geologica e da cosa sono stati causati?
8. Quanto è stabile il clima, attualmente?
9. Ha avuto luogo un'evoluzione chimica che ha portato alla formazione di molecole organiche prebiotiche?
10. Ha avuto luogo un'evoluzione chimica che ha portato alla formazione di molecole replicanti?
11. Se una volta si formò la vita, è possibile trovarla oggi da qualche parte?

12. Come Fobos e Deimos sono diventati quello che sono oggi? Che risorse e che geologia possiedono?

Vincoli di missione

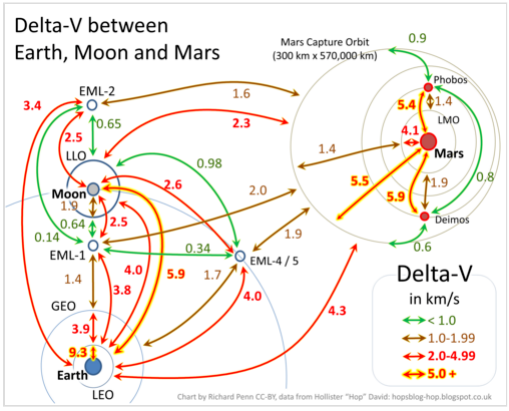
Finestre di lancio

Opportunità di lancio 2013-2024[1][2]

Anno	Lancio	Arrivo
2013	Nov 2013 – Gen 2014	Lug 2014 – Dic 2014
2016	Gen 2016 – Apr 2016	Ago 2016 – Feb 2017
2018	Apr 2018 – Mag 2018	Nov 2018 – Gen 2019
2020	Lug 2020 – Set 2020	Gen 2021 – Nov 2021
2022	Ott 2022 – Nov 2022	Apr 2023 – Mag 2023
2024	Dic 2024 – Gen 2025	Lug 2025 – Set 2025

Le finestre di lancio di minima energia per una spedizione verso Marte si ripetono ad intervalli di circa due anni e due mesi, cioè 780 giorni (corrispondenti al periodo sinodico di Marte rispetto alla Terra).[3] Inoltre, tale valore minimo non si mantiene costante, ma segue un ulteriore ciclo di circa 16 anni,[3] per cui ci sono finestre particolarmente vantaggiose, come quelle degli anni 1969, 1971 e 1986, 1988, ed altre meno, come per gli ultimi anni settanta.

Considerazioni energetiche



Per arrivare sulla Luna è necessario 15,2 di ΔV, per arrivare in orbita su Marte solo 13,6 e per i restanti 5,5 necessari all'atterraggio si può usare l'atmosfera per frenare

Nonostante la notevole maggiore distanza di Marte dalla Terra rispetto alla Luna dalla Terra, l'energia necessaria per arrivare in orbita su Marte è simile a quella per arrivare in orbita attorno alla Luna. L'energia da fornire a un veicolo spaziale per raggiungere una destinazione, si può calcolare semplicemente in funzione della variazione di velocità (delta-V o ΔV) da imprimere ad un veicolo con l'accensione temporanea dei motori. Inoltre si possono usare tecniche di aerofrenaggio sfruttando l'atmosfera di Marte per risparmiare ulteriormente sul carburante necessario; grazie a queste tecniche, per eseguire un atterraggio morbido su Marte partendo dalla Terra è necessario meno carburante che per atterrare sulla Luna.

Riassunto delle missioni

Segue una tabella di tutte le missioni spaziali su Marte condotte dai vari paesi (fonte NASA[4] e riadattata), aggiornate al 4 gennaio 2021.

Le missioni mai giunte a destinazione sono evidenziate in rosso, quelle ancora in corso in verde.

Missione	Paese	Data del lancio	Scopo	Risultati
Marsnik 1 (Mars 1960A)	Unione Sovietica	10 ottobre 1960	flyby di Marte	non ha raggiunto l'orbita terrestre
Marsnik 2 (Mars 1960B)	Unione Sovietica	14 ottobre 1960	flyby di Marte	non ha raggiunto l'orbita terrestre
Sputnik 22	Unione Sovietica	24 ottobre 1962	flyby di Marte	raggiunta solo l'orbita terrestre
Mars 1	Unione Sovietica	1º novembre 1962	flyby di Marte	guasto alla radio a 106 milioni di km
Sputnik 24	Unione Sovietica	4 novembre 1962	flyby di Marte	raggiunta solo l'orbita terrestre
Mariner 3	Stati Uniti	5 novembre 1964	flyby di Marte	mancata apertura dello scudo protettivo
Mariner 4	Stati Uniti	28 novembre 1964	primo flyby di Marte il 14 luglio 1965	inviate 21 foto
Zond 2	Unione Sovietica	30 novembre 1964	flyby di Marte	arrivato su Marte, ma un guasto alla radio ha impedito di ricevere qualunque dato
Mariner 6	Stati Uniti	24 febbraio 1969	flyby di Marte il 31 luglio 1969	inviate 75 foto
Mariner 7	Stati Uniti	27 marzo 1969	flyby di Marte il 5 agosto 1969	inviate 126 foto
Mariner 8	Stati Uniti	8 maggio 1971	orbiter	lancio fallito
Cosmos 419	Unione Sovietica	10 maggio 1971	lander	raggiunta solo l'orbita terrestre
Mars 2	Unione Sovietica	19 maggio 1971	orbiter/lander arrivato il 27 novembre 1971	nessun dato utile, lander distrutto
Mars 3	Unione Sovietica	28 maggio 1971	orbiter/lander, arrivato il 3 dicembre 1971	qualche dato e poche foto
Mariner 9	Stati Uniti	30 maggio 1971	orbiter, in orbita dal 14 novembre 1971 al 27 ottobre 1972	inviate 7 329 foto
Mars 4	Unione Sovietica	21 luglio 1973	orbiter	volo vicino a Marte il 10 febbraio 1974 (fallito l'inserimento in orbita)
Mars 5	Unione Sovietica	25 luglio 1973	orbiter, arrivato il 12 febbraio 1974	durato pochi giorni
Mars 6	Unione Sovietica	5 agosto 1973	lander, arrivato il 12 marzo 1974	si persero i contatti durante l'atterraggio
Mars 7	Unione Sovietica	9 agosto 1973	lander, arrivato il 9 marzo 1974	mancò il pianeta di 1300km
Viking 1	Stati Uniti	20 agosto 1975	orbiter/lander, in orbita 19 giugno/76-1980, al suolo 20 luglio/76-1982	i due Viking (orbiter e lander) hanno inviato più di 50 000 foto
Viking 2	Stati Uniti	9 settembre 1975	orbiter/lander, in orbita 7 agosto/1976-1987, al suolo 6 settembre/1976-1980	i due Viking (orbiter e lander) hanno inviato più di 50 000 foto
Phobos 1	Unione Sovietica	7 luglio 1988	orbiter/lander su Marte e Fobos	persi nel settembre 1988 durante l'avvicinamento a Marte

Phobos 2	Unione Sovietica	12 luglio 1988	Mars/Phobos orbiter/lander	perso nel marzo 1989 nei pressi di Fobos
Mars Observer	Stati Uniti	25 settembre 1992	orbiter	non portò a termine completamente tutti i suoi obiettivi - 1993
Mars Global Surveyor	Stati Uniti	7 novembre 1996	orbiter, arrivato il 12 settembre 1997	Missione primaria di mappatura terminata, estesa la sua missione. Ultima trasmissione 21 novembre 2006.
Mars 96	Russia	16 novembre 1996	orbiter e lander	lancio fallito
Mars Pathfinder	Stati Uniti	4 dicembre 1996	lander e rover (*Sojourner*), atterrati il 4 luglio 1997	Primo rover su Marte. Ultima trasmissione 27 settembre 1997
Nozomi (Planet-B)	Giappone	4 luglio 1998	orbiter	arrivo su Marte fallito causa problemi alla propulsione
Mars Climate Orbiter	Stati Uniti	11 dicembre 1998	orbiter	perso all'arrivo su Marte il 23 settembre 1999
Mars Polar Lander	Stati Uniti	3 gennaio 1999	lander/sonde di discesa per esplorare il polo sud marziano	perso all'arrivo il 3 dicembre 1999
2001 Mars Odyssey	Stati Uniti	7 aprile 2001	orbiter	missione primaria di mappatura scientifica. Propellente sufficiente almeno fino al 2025[5]
Mars Express	Unione europea	2 giugno 2003	orbiter e lander (*Beagle 2*)	lander disperso, missione estesa fino al 2026[6]
Mars Exploration Rover	Stati Uniti	7-10 giugno 2003	2 rover: *Spirit* e *Opportunity*	analisi del pianeta, missione conclusa
Mars Reconnaissance Orbiter	Stati Uniti	12 agosto 2005	orbiter	analisi del pianeta, ricerca di luoghi idonei ai lander, operativa
Phoenix Mars Lander	Stati Uniti	4 agosto 2007	lander	missione conclusa; ultima trasmissione il 2 novembre 2008
Fobos-Grunt	Russia	8 novembre 2011	lander (destinato alla luna Fobos), avrebbe dovuto trasportare in orbita marziana l'orbiter cinese Yinghuo-1	fallita dopo il lancio, è caduta nell'Oceano Pacifico il 15 gennaio 2012
Mars Science Laboratory	Stati Uniti	26 novembre 2011	rover: *Curiosity*	analisi del pianeta, operativa
Mars Orbiter Mission	India	5 novembre 2013	orbiter	missione conclusa; ultima trasmissione nell'aprile 2022
MAVEN	Stati Uniti	18 novembre 2013	orbiter	analisi dell'atmosfera, al 2019 è operativa, ma come ripetitore per altre missioni (in inglese *telecomm relay*)
ExoMars (prima parte)	Unione europea	14 marzo 2016	orbiter e lander (Schiaparelli)	orbiter in posizione, atterraggio lander fallito

				il 19 ottobre 2016
InSight	Stati Uniti	5 maggio 2018	lander con due CubeSat solo per flyby	atterrato il 26 novembre 2018, missione conclusa nel dicembre 2022
Emirates Mars Mission	Emirati Arabi Uniti	19 luglio 2020	orbiter (*Hope*)	in corso
Tianwen-1	Cina	23 luglio 2020	orbiter e rover	in corso, ultima comunicazione con lander e rover nel maggio 2022, prima dell'inverno marziano.
Mars 2020	Stati Uniti	30 luglio 2020	rover (Perseverance) e drone (Ingenuity)	in corso, atterrato il 18 febbraio 2021

1960 - 1978

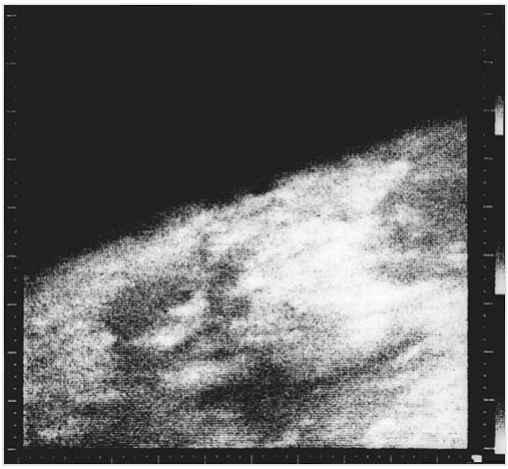
Prime sonde e *orbite*

Prime missioni sovietiche

Il programma spaziale sovietico lanciò due sonde per il sorvolo ravvicinato di Marte nell'ottobre 1960, soprannominate Mars 1960A e Mars 1960B, ma entrambe fallirono nel raggiungere l'orbita terrestre. Nel 1962, altre tre sonde sovietiche fallirono — due (Mars 1962A e Mars 1962B) rimasero nell'orbita terrestre e con la terza si interruppero le comunicazioni mentre era in rotta per Marte (Mars 1). Nel 1964, la sonda Zond 2 fu un altro tentativo fallito nel raggiungere Marte. Nel 1974 Mars 5 raggiunse Marte e inviò oltre sessanta immagini dell'area a sud della Valles Marineris, prima che una depressurizzazione mettesse fine alla missione.

Programma Mariner

Nel 1964 il Jet Propulsion Laboratory della NASA effettuò due tentativi di raggiungere Marte. Le sonde Mariner 3 e Mariner 4 erano identiche e il loro scopo era quello di effettuare i primi sorvoli ravvicinati su Marte. Il Mariner 3 venne lanciato il 5 novembre 1964 ma la copertura protettiva non riuscì ad aprirsi. Tre settimane dopo, il 28 novembre 1964, venne lanciata con successo la sonda Mariner 4. Essa raggiunse Marte il 14 luglio 1965, fornendo le prime immagini ravvicinate di un altro pianeta. Esse mostravano dei crateri da impatto simili a quelli lunari, alcuni dei quali sembravano ricoperti di brina o ghiaccio. Nel complesso, i dati raccolti diedero l'idea di un pianeta inattivo ed inadatto alla vita e ciò determinò una netta riduzione dell'interesse per il pianeta stesso, causando un ridimensionamento delle missioni successive ed il rinvio di un decennio del programma di esplorazione robotica della superficie.[7]



Scattata dal Mariner 4, questa è la prima immagine ravvicinata mai ripresa di Marte e mostra un'area di circa 330 km per 1200 km

La NASA continuò il programma Mariner con un altro paio di sonde per il sorvolo ravvicinato (Mariner 6 e Mariner 7), che raggiunsero il pianeta nel 1969. Durante la seguente finestra di lancio il programma Mariner subì la perdita di un altro paio di sonde. Mariner 9 entrò con successo nell'orbita di Marte, dopo il fallimento del lancio della sonda gemella Mariner 8. Il Mariner 9, assieme alle due sonde sovietiche Mars 2 e Mars 3 trovarono un'enorme tempesta di sabbia in corso, a livello planetario. I controllori di missione, nell'attesa che la tempesta si attenuasse, fotografarono la luna Phobos. In seguito Mariner 9 fotografò la superficie di Marte, che fornì indizi della possibilità che un tempo fosse presente acqua allo stato liquido.

Lander e missioni successive

Programma Mars

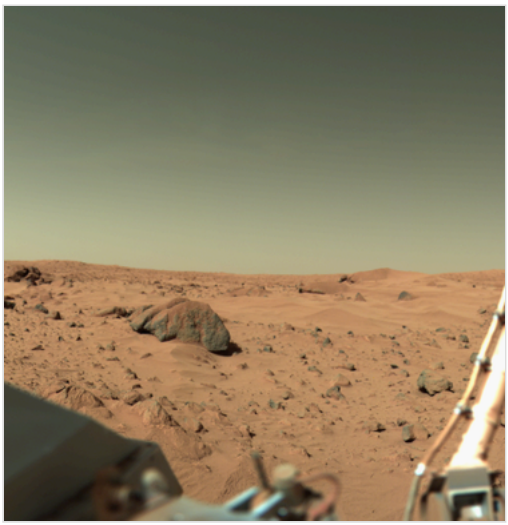
Nel 1969 l'Unione Sovietica preparò un ambizioso *orbiter* pesante 5 tonnellate chiamato M-69. Due copie di questa sonda vennero perse durante il lancio, che veniva effettuato tramite il nuovo e potente razzo Proton.

Nel 1971, poco dopo il fallimento della sonda Cosmos 419, l'Unione Sovietica inviò con successo Mars 2 e Mars 3, quasi un decennio dopo il lancio di Mars 1. Entrambe trasportavano un lander e arrivarono su Marte nel 1971. Il lander di Mars 2 entrò nell'atmosfera marziana con un angolo troppo ripido e venne distrutto, mentre il lander di Mars 3 funzionò solo per 15 secondi dopo l'atterraggio. Essi furono i primi manufatti terrestri a toccare Marte[8].

Nel 1973 l'Unione Sovietica inviò altre quattro sonde: gli *orbiter* Mars 4 e Mars 5 e le sonde flyby con lander Mars 6 e Mars 7. Solo Mars 5 ebbe successo: trasmise 60 immagini prima di avere un guasto alle comunicazioni. Il lander di Mars 6 trasmise dati solo durante la discesa ma si persero i contatti quanto atterrò. Le altre due sonde (Mars 4 e Mars 7) mancarono il pianeta.

Programma Viking

Nel 1976 le due sonde Viking della NASA entrarono nell'orbita di Marte e entrambe inviarono un lander che effettuò con successo un atterraggio morbido sulla superficie del pianeta. Queste due missioni inviarono le prime immagini a colori e dettagliati dati scientifici. Le temperature misurate nei siti di atterraggio variavano tra 150 e 250 K (tra -123 °C e -23 °C). Vennero osservate tempeste di sabbia stagionali, cambiamenti di pressione atmosferica e spostamenti di gas atmosferici tra le calotte polari. Un esperimento produsse una possibile prova di vita, ma non fu confermato da altri esperimenti. La maggior parte degli scienziati pensa che attualmente non ci sia vita sul pianeta.


Sito di atterraggio del lander Viking 1

Mentre l'*orbiter* Viking 1 stava cercando un punto di atterraggio adatto per il lander, il 25 luglio 1976 fotografò una zona nella regione Cydonia dall'apparente aspetto di un volto umano, che, anche a causa della didascalia originale (http://www.msss.com/education/facepage/pio.html) assegnata dalla NASA alla formazione, venne soprannominata la "faccia su Marte" o "Sfinge marziana", e per molti anni a seguire fu considerata

dagli appassionati di UFO la prova che su Marte c'era o c'era stata vita, nonostante le evidenze scientifiche abbiano sempre dimostrato il contrario. Solo nel 1998 (e successivamente nel 2001) fu finalmente possibile dirimere in modo inequivocabile la questione, quando la sonda Mars Global Surveyor della NASA scattò di nuovo una foto della zona, ma a risoluzione enormemente maggiore (1.56 metri/pixel anziché 43 metri/pixel) e in condizioni di illuminazione differenti: ciò permise di chiarire una volta per tutte che la "faccia marziana" era solo un gioco di ombre, e che l'oggetto fotografato non era altro che una montagna (https://web.archive.org/web/20161102014014/http://science1.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2001/ast24may_1/).

1988 - 1999

Programma Phobos

Nel 1988 l'Unione Sovietica lanciò le sonde Phobos 1 e 2 per studiare Marte e le lune Phobos e Deimos. Le comunicazioni con Phobos 1 si interruppero mentre era in rotta verso Marte, mentre Phobos 2 riuscì a fotografare Marte e Phobos; tuttavia la missione fallì poco prima di inviare due lander sulla superficie di Phobos.

Mars Global Surveyor

🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio:* ***Mars Global Surveyor***.

Dopo il fallimento del 1992 dell'*orbiter* Mars Observer, NASA lanciò il Mars Global Surveyor il 7 novembre 1996. Questa fu la prima missione riuscita degli Stati Uniti in due decenni e il primo completo successo in assoluto. Entrata in orbita il 12 settembre 1997, dopo un anno e mezzo iniziò la mappatura nel marzo 1999. La sonda osservò il pianeta da una bassa altitudine, vicino ad un'orbita polare lungo un intero anno marziano (equivalente a circa due anni terrestri). La missione fu completata il 31 gennaio 2001 e venne estesa per altri cinque anni. Dal 2 novembre 2006 le comunicazioni con la sonda si sono definitivamente interrotte.

Questa immagine ripresa dal Mars Global Surveyor raffigura una regione di circa 1500 metri. Nella Newton Basin, Sirenum Terra sono visibili delle gole, simili a quelle formate sulla Terra.

È stata studiata l'intera superficie del pianeta, la sua atmosfera e i dati raccolti sono stati maggiori di quelli raccolti da tutte le altre sonde precedenti. Questi dati importanti sono stati archiviati e sono disponibili pubblicamente[9].

Tra i più importanti dati scientifici, il Global Surveyor ha inviato immagini di canali e detriti che suggeriscono la possibilità di sorgenti di acqua liquida sulla superficie. Canali simili sono formati sulla Terra da flussi di acqua, ma su Marte la temperatura è generalmente troppo bassa e l'atmosfera è troppo tenue per sostenere acqua liquida. Tuttavia alcuni scienziati hanno ipotizzato che acqua superficiale liquida possa a volte emergere in superficie, scavare canali e gole e fluire in seguito sotto al terreno prima di congelare ed evaporare.

I dati del magnetometro indicarono che il campo magnetico del pianeta non è globalmente generato dal nucleo interno, ma è localizzato in particolari aree della crosta. I nuovi dati sulla temperatura e immagini ravvicinate della luna Phobos hanno mostrato che la sua superficie è costituita da uno strato polveroso spesso almeno 1 metro, provocato da impatti di meteoriti durante milioni di anni. I dati dell'altimetro laser hanno fornito la prima visuale tridimensionale della calotta polare dell'emisfero Nord.

Mars PathFinder

🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio:* ***Mars Pathfinder***.

La sonda Mars Pathfinder, lanciata un mese dopo il Global Surveyor, atterrò il 4 luglio 1997. La zona di atterraggio era un'antica pianura fluviale nell'emisfero nord chiamata Ares Vallis, che è tra le zone più rocciose del pianeta. La sonda comprendeva un piccolo *rover* controllato da remoto chiamato *Sojourner*, che viaggiò per alcuni metri attorno al sito di atterraggio studiando le rocce. Il *rover* esplorò la superficie di Marte in un modo che era stato eseguito precedentemente solo dai due *rover* Lunochod russi sulla Luna 30 anni prima.

Fotografia della "Ares Vallis" del Mars Pathfinder

Fino al momento dell'ultima trasmissione il 27 settembre 1997, il Mars Pathfinder inviò 16500 immagini dal lander e 550 immagini dal *rover*, oltre a 16 analisi chimiche delle rocce e del suolo e dettagliati dati sui venti e altri fattori meteorologici. Questi dati suggerirono agli scienziati che in qualche momento del passato il pianeta potrebbe essere stato caldo e umido e potrebbe aver posseduto acqua allo stato liquido e un'atmosfera più densa.

Altri fallimenti

Dopo i successi del Global Surveyor e del Pathfinder, tra il 1998 e il 1999 ci fu un'altra serie di fallimenti: l'*orbiter* giapponese Nozomi, il Mars Climate Orbiter, il Mars Polar Lander e i penetratori Deep Space 2 della NASA non portarono a termine la missione. L'episodio riguardante il Mars Climate Orbiter è particolarmente famigerato, dovuto alla mancanza di conversione tra unità di misura del sistema metrico decimale e del sistema imperiale. In questo modo vennero generati dati errati che fecero bruciare la sonda durante l'ingresso nell'atmosfera marziana.

2001 - 2008

Mars Odyssey

🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio:* ***2001 Mars Odyssey***.

Nel 2001 la sfortuna finì con l'*orbiter* Mars Odyssey della NASA. Durante la missione vennero usati degli spettrometri e camere per cercare le prove di attuale o passata esistenza di acqua e l'attività vulcanica del pianeta. Nel 2002 venne annunciato che lo spettrometro a raggi gamma e lo

spettrometro a neutroni avevano trovato grandi quantitativi di idrogeno, che indicava la presenza di vasti depositi di ghiaccio d'acqua sotto al terreno marziano entro il 60° di latitudine dal polo Sud.

Mars Express e Beagle 2

🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio:* ***Mars Express***.

Il 2 giugno 2003 la sonda Mars Express dell'ESA venne lanciata dal cosmodromo di Bajkonur verso Marte. Essa era costituita dall'*orbiter* Mars Express e dal lander Beagle 2. Anche se il lander non era progettato per muoversi, era dotato di un dispositivo che permetteva di scavare il suolo, del più piccolo spettrometro di massa allora disponibile e di altri dispositivi montati su un braccio robotico per poter analizzare accuratamente il suolo sotto la superficie polverosa.

L'*orbiter* entrò in orbita il 25 dicembre 2003 e lo stesso giorno il lander entrò nell'atmosfera di Marte. Tuttavia i tentativi di contattare il lander fallirono. Essi proseguirono durante il mese di gennaio e a metà febbraio il lander venne dichiarato disperso. L'*orbiter* Mars Express confermò la presenza di ghiaccio d'acqua e di ghiaccio di anidride carbonica nel polo Sud del pianeta. La NASA aveva precedentemente confermata la loro presenza anche nel polo Nord.

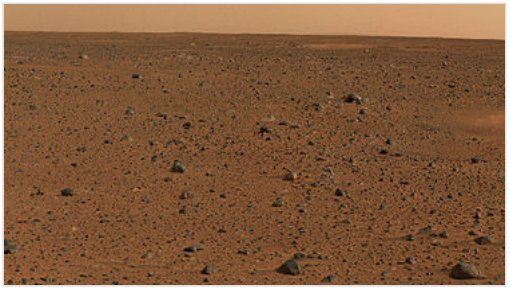
Nel 2014, dopo oltre un decennio, gli occhi vigili del Mars Reconnaissance Orbiter, una navicella della NASA in orbita attorno a Marte, hanno avvistato il lander perduto, ponendo fine al mistero della sua scomparsa. Tre scatti della telecamera dell'orbiter, la High Resolution Imaging Science Experiment (HiRise), mostrano infatti Beagle 2 a riposo sulla superficie del pianeta rosso.

Mars Exploration Rovers

🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio:* ***Mars Exploration Rover***.

Poco dopo il lancio di Mars Express, la NASA inviò una coppia di *rover* gemelli. Il *rover* *Spirit* (MER-A] venne lanciato il 10 giugno 2003 e atterrò nel cratere Gusev (che si ipotizzava fosse nel passato un lago) e il *rover* *Opportunity* (MER-B) venne lanciato il 7 luglio 2003 e atterrò il 24 gennaio 2004 nel Meridiani Planum. Entrambi effettuarono ricerche geologiche.

A parte una temporanea perdita di comunicazioni con Spirit (che si crede sia stata causata da un problema alla memoria flash), che rallentò l'esplorazione di diversi giorni, entrambi i *rover* continuarono l'esplorazione nei rispettivi luoghi di atterraggio. Il *rover* Opportunity in particolare atterrò in un luogo decisamente interessante: un cratere con affioramenti di rocce. I membri del team annunciarono il 2 marzo che i dati inviati dal *rover* mostravano come quelle rocce fossero state in passato immerse nell'acqua e il 23 marzo venne ipotizzato che esse dovevano essere state immerse in un mare salato. Questa è la prima forte prova di una presenza di acqua liquida su Marte in passato.



Parte di un panorama a 360 gradi del cratere Gusev, inviata dal *rover* Spirit nel 2004

A maggio 2011 fu conclusa la missione del rover *Spirit*, e a giugno 2018 fu conclusa la missione del rover *Opportunity*.

Mars Reconnaissance Orbiter

Lo stesso argomento in dettaglio: ***Mars Reconnaissance Orbiter***.

Il Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) è una sonda multiobiettivo progettata per condurre una ricognizione e un'esplorazione di Marte dall'orbita. Venne costruita al costo di 720 milioni di dollari dalla Lockheed Martin sotto la supervisione del Jet Propulsion Laboratory e fu lanciata il 12 agosto 2005. È entrata nell'orbita di Marte il 12 marzo 2006.

Il MRO contiene un insieme di strumenti scientifici come la camera HiRISE, CRISM e SHARAD. La camera HiRISE verrà utilizzata per analizzare il terreno marziano, mentre CRISM e SHARAD cercheranno acqua, ghiaccio e minerali sulla e sotto la superficie. Inoltre il MRO spianerà la strada alle future sonde monitorando giornalmente le condizioni meteorologiche e della superficie, cercando nuovi luoghi di atterraggio e testando un nuovo sistema di telecomunicazioni che permetterà lo scambio di informazioni a una velocità mai raggiunta in precedenza. Il trasferimento di dati verso e dalla sonda verrà effettuato più velocemente di tutte le altre precedenti missioni interplanetarie combinate assieme e verrà usato come un importante satellite ripetitore per le missioni future.

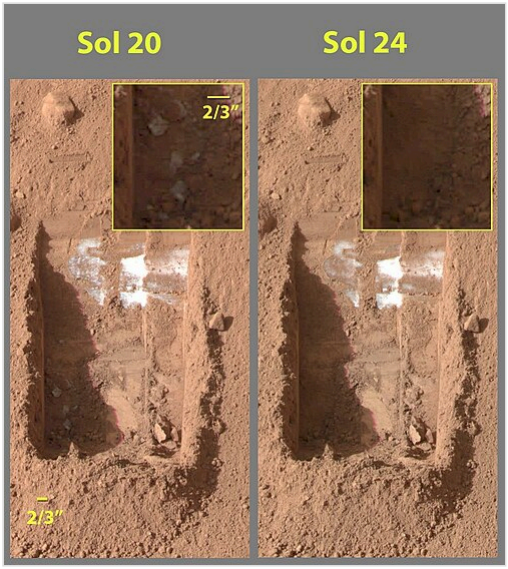
Phoenix Mars Lander

Lo stesso argomento in dettaglio: ***Phoenix Mars Lander***.

Il "Phoenix Mars Lander", missione NASA la cui realizzazione è stata affidata all'Università dell'Arizona, è stato lanciato il 4 agosto 2007 ed è atterrato con successo in prossimità del polo nord marziano il 25 maggio 2008.

Le prime immagini del terreno trasmesse hanno rivelato una struttura simile a quella assunta del permafrost presente sul nostro pianeta. La sonda ha fornito chiari indizi (se non ancora prove) dell'evaporazione di ghiaccio d'acqua sul sito di atterraggio[10] ed ha eseguito inoltre analisi chimiche del terreno, rivelandone la composizione ed identificando la presenza di acqua. È stata inoltre individuata la presenza di perclorato, che rende il pianeta maggiormente ostile alle forme di vita di quanto non si fosse pensato in precedenza.[11][12]

La missione è stata dichiarata terminata il 10 novembre 2008, dopo otto giorni di silenzio del *lander* seguiti al sopraggiungere dell'inverno marziano.



Due immagini, riprese a distanza di qualche giorno, o sol, che mostrano delle parti chiare nel terreno sottostante la superficie che sono parzialmente sublimate. La tempistica del processo suggerisce che possa essersi trattato di ghiaccio d'acqua.

2011 - 2019

Mars Science Laboratory

Lo stesso argomento in dettaglio: ***Mars Science Laboratory***.

Il *rover* Curiosity (precedentemente noto Mars Science Laboratory) lanciato il 26 novembre 2011, con un ritardo di due anni accumulato nel suo sviluppo,[13] è atterrato con successo nel cratere Gale il 6 agosto 2012. La missione principale aveva una durata prevista di almeno 2 anni, tuttavia Curiosity è ancora pienamente operativo e nell'agosto 2022 ha festeggiato i dieci anni su Marte.[14]

MAVEN

🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio: **MAVEN**.*

Maven è una missione americana consistente di un orbiter per lo studio dell'atmosfera marziana e usato anche come ponte radio per i vari rover presenti e futuri. Ha raggiunto l'orbita il 22 settembre 2014. Il 3 ottobre 2016, MAVEN ha completato un intero anno marziano di osservazioni scientifiche. Era stato approvato per un'ulteriore missione estesa di 2 anni fino a settembre 2018. Tutti i sistemi del veicolo spaziale funzionavano ancora come previsto.[15]

Nel marzo 2017, gli investigatori di MAVEN hanno dovuto eseguire una manovra non programmata per evitare la collisione con Fobos la settimana successiva.[16] Al 2023 MAVEN continua la sua missione, tuttavia a causa di un guasto dell'unità di misura inerziale è stato riprogrammato per orientarsi tramite una navigazione completamente stellare per mantenere la sua orbita. L'importanza del proseguimento della missione è dettata anche dal fatto che MAVER, oltre a proseguire i suoi studi negli anni seguenti, è una delle stazioni di comunicazione in orbita con i quali la NASA comunica con i suoi lander e rover presenti sulla superficie marziana.[17]

Mars Orbiter Mission

🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio: **Mars Orbiter Mission**.*

Chiamato anche Mangalyaan, è la prima missione indiana su Marte. La missione è dimostrativa e consiste di un orbiter, al 2018 ancora operativo, entrato in orbita il 24 settembre 2014 e dedicato allo studio dell'atmosfera marziana. La missione è terminata nell'aprile 2022.[18]

ExoMars

🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio: **ExoMars**.*

ExoMars è una missione russo-europea consistente di un orbiter, Trace Gas Orbiter, e un lander, Schiaparelli EDM Lander. L'orbiter è operativo dal 19 ottobre 2016 e cerca tracce di metano nell'atmosfera, il lander si è schiantato sulla superficie per un errore del computer, che ha spento i retrorazzi in anticipo. Negli anni 2020 sarebbe dovuto atterrare un rover, tuttavia a causa dell'invasione russa dell'Ucraina del 2022, l'ESA ha sospeso a tempo indeterminato la collaborazione con l'agenzia spaziale russa.[19] L'ESA ha comunicato che una ripresa della missione con un lander non russo potrebbe avvenire non prima del 2028.[20]

InSight

🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio: **InSight**.*

InSight è una missione della NASA costituita da un lander con un trapano e un sismografo per studiare la composizione della roccia sotto la superficie marziana e da due CubeSat sperimentali volti alla valutazione delle comunicazioni con la terra, che hanno effettuato solamente un sorvolo contemporaneamente all'atterraggio del lander, per inviare a Terra la telemetria. L'atterraggio

sulla superficie marziana è correttamente avvenuto il 26 novembre 2018 alle ore 20:45 (ora italiana). La missione aveva una durata minima di due anni, nel 2021 è stata comunque estesa ed è proseguita fino a dicembre 2022, quando la NASA ha ufficialmente dichiarato chiusa la missione poiché il lander aveva smesso di comunicare con la Terra.[21]

2020 e successivi

Emirates Mars Mission

🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio:* ***Emirates Mars Mission***.

È la prima missione emiratina su Marte, e la prima di un paese arabo. La missione è dimostrativa e consiste di un orbiter. Il lancio è avvenuto con successo nel luglio 2020 ed ha completato l'inserimento nell'orbita marziana il 9 febbraio 2021.[22]

Tianwen-1

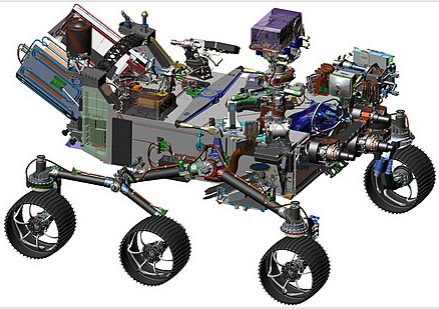
🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio:* ***Tianwen-1***.

È la prima missione cinese su Marte. La missione consiste di orbiter, lander e rover[23]. Il lancio è avvenuto con successo nel luglio 2020 e l'arrivo nell'orbita di Marte è avvenuto il 10 febbraio 2021. L'atterraggio del rover è avvenuto il 15 maggio 2021.

Mars 2020

🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio:* ***Mars 2020***.

Il *rover Perseverance* ed il *drone Ingenuity* sono stati lanciati il 30 luglio 2020. L'arrivo su Marte è avvenuto il 18 febbraio 2021. L'utilizzo del drone per prove di volo in atmosfera marziana è iniziato il 19 aprile 2021.



Disegni 3D del rover NASA *Perseverance*.

Missioni future

Le ultime missioni che a tutto il 2020 erano previste sono le seguenti:

- la missione low cost della NASA EscaPADE[24]. La missione sarebbe dovuta partire come payload secondario della missione Psyche, ma è stata rinviata[25][26].
- la seconda missione indiana, Mars Orbiter Mission 2, che consisterà di un orbiter, anche se nei piani iniziali era stata ipotizzata l'aggiunta di un rover[27].
- Mars Sample Return (MSR), raccoglierà rocce e campioni del suolo marziano e per la prima volta li riporterà sulla Terra dove verranno analizzati.[28] La missione verrà esattamente definita con gli accordi (al 2020 in corso di redazione) tra le agenzie spaziali coinvolte (*Mars Exploration Joint Initiative*, MEJI).
- la seconda parte di ExoMars con il lander Kazačok ed il rover *Rosalind Franklin*. La missione sarebbe dovuta partire nel 2020, ma era inizialmente già stata posticipata al 2022 per completare alcuni test[29] ed è poi invece stata sospesa a seguito della cessata collaborazione

tra ESA e RosCosmos, dovuta all'invasione russa dell'Ucraina del 2022,[30] potrebbe essere rischedulata, ma non prima del 2028.[31]

- Nel dicembre 2020 l'Agenzia spaziale cinese ha annunciato di aver pianificato una missione di ritorno di campioni per Marte; nel 2022 è stato rivelato il nome della missione, Tianwen-3 e sono stati annunciati ulteriori dettagli, inclusa una data di lancio nel 2028 per un ritorno sulla Terra nel 2031.[32] Un veicolo spaziale atterrerebbe sulla superficie per raccogliere campioni e rimandarli in orbita marziana, dove un secondo veicolo spaziale preleverebbe i campioni che verrebbero poi trasportati sulla terra da una capsula di ritorno.[33][34]

Missioni con equipaggio

🔎 *Lo stesso argomento in dettaglio:* ***Missioni con equipaggio su Marte****.*

In molti hanno visto una missione umana su Marte come il successivo passaggio logico del programma di missioni umane dopo l'esplorazione della Luna. I sostenitori di queste missioni argomentano la loro teoria attraverso la superiore capacità esplorativa di un essere umano rispetto ad un robot, che ripagherebbe delle maggiori spese.

A causa della distanza tra Terra e Marte, la missione sarà più rischiosa e più costosa di quelle che portarono l'uomo sulla Luna. Dovranno essere preparate scorte e carburante per un viaggio di 2-3 anni e il veicolo spaziale dovrà possedere degli scudi per proteggere dalla radiazione solare. Una proposta chiamata Mars Direct avanzata da Robert Zubrin, ingegnere aerospaziale della Mars Society, viene ritenuta da molti il piano più pratico e fattibile per portare l'uomo su Marte.

L'idea consiste in un trasferimento diretto, dalla durata di sei mesi, degli astronauti dalla Terra a Marte, senza lo scalo sulla Luna previsto in altre proposte. Una volta giunti su Marte, gli astronauti dovrebbero rimanervi per circa diciotto mesi, in attesa dell'apertura di una nuova finestra di lancio verso la Terra.

Il costo della missione, che richiederebbe lo sforzo congiunto delle maggiori agenzie spaziali del mondo, è stato stimato da Zubrin stesso in circa 50 miliardi di dollari, dieci volte inferiore rispetto ai 500 miliardi di dollari preventivati dagli scienziati della NASA alla fine degli anni ottanta quando l'allora presidente Ronald Reagan fece stilare un preventivo per un'impresa analoga. La missione allora elaborata prevedeva la costruzione di una base umana permanente sulla Luna che potesse dare modo a una navetta, che per le dimensioni necessitava di essere assemblata in orbita, di fare scalo per rifornirsi del carburante necessario per il viaggio di andata e di ritorno dal pianeta rosso. Il Congresso degli Stati Uniti bocciò la proposta perché troppo costosa. Zubrin ha studiato e messo a punto il progetto Mars direct negli anni novanta.

Alla luce di una futura missione su Marte, la Stazione spaziale internazionale (ISS) rappresenta un'applicazione importante per acquisire dati e svolgere ricerche nello spazio.[35] Sulla Stazione sono condotti esperimenti sulla resistenza e sulla salute dell'uomo nello spazio i cui risultati saranno fondamentali per la programmazione delle future missioni di lunga durata verso Marte. Inoltre la ISS permette di testare in modo relativamente economico i sistemi che faranno parte dei futuri veicoli spaziali e di acquisire esperienza nella manutenzione, riparazione e sostituzione dei sistemi in orbita, attività che risultano fondamentali nella gestione di un veicolo spaziale lontano dalla Terra.[36]

Inoltre la Stazione spaziale internazionale ha rappresentato un importante banco di prova su cui testare la collaborazione tra le principali agenzie spaziali per il raggiungimento di un obiettivo comune. L'esperienza maturata in tal senso avrà una sua applicazione anche in un'eventuale

missione di esplorazione su Marte, per il cui successo è stata sottolineata da più voci la necessità di uno sforzo multinazionale. In particolare ne hanno sottolineato l'esigenza sia Charles Bolden,[35] il direttore della NASA, sia Jean-Jacques Dordain, il direttore generale dell'ESA, che nel 2010 ha dichiarato che la sua agenzia è pronta a proporre agli altri partner, l'aggiunta delle agenzie della Cina, dell'India e della Corea del Sud al progetto.[37]

NASA

L'esplorazione umana era stata identificata come un obiettivo di lungo periodo nella Vision for Space Exploration annunciata nel 2004 dall'allora presidente statunitense George W. Bush. Il programma avrebbe impiegato la navetta Orion per inviare un equipaggio sulla Luna nel 2020, come missione di preparazione per una spedizione su Marte. Il 28 settembre 2008, l'amministratore NASA Michael D. Griffin ha affermato che la NASA prevede l'invio di un equipaggio su Marte per il 2037.

Il 2 dicembre 2014 è stato annunciato un interesse da parte di NASA per la proposta di Boeing[38] di una missione con equipaggio.

L'8 ottobre 2015, la NASA ha pubblicato un piano per l'esplorazione umana e la colonizzazione di Marte, chiamato *"Journey to Mars"*[39]. Il progetto era suddiviso in tre fasi[40]:

- La prima fase, in corso, era chiamata "Earth Reliant", e prevedeva l'utilizzo della Stazione spaziale internazionale fino al 2024, la validazione di tecnologie e lo studio degli effetti sul corpo umano delle missioni spaziali.
- La seconda fase, chiamata "Proving Ground", comprendeva missioni nello spazio cislunare. Era prevista la cattura di un asteroide, il test di habitat per lo spazio profondo e la validazione delle tecnologie necessarie per l'esplorazione di Marte.
- la terza fase, chiamata "Earth Independent", prevedeva missioni a lungo termine sulla superficie lunare con l'impiego di habitat e la raccolta di risorse come carburante, acqua e materiali per le costruzioni. La NASA prevedeva che questa fase culminasse nel decennio 2030-2040 con le missioni con equipaggio su Marte.

Questi progetti si sono evoluti nel tempo attraverso una serie di studi per l'esplorazione umana di Marte chiamati "Mars Design Reference Mission". Nel 2017, la NASA si è concentrata nelle missioni con equipaggio sulla Luna, tramite il programma Artemis, che dovrebbero iniziare nel 2024. Le missioni su Marte potrebbero svolgersi al termine di questo programma.

SpaceX

Il progetto a lungo termine dell'azienda statunitense SpaceX è l'instaurazione di voli di routine per Marte per avviare la colonizzazione del pianeta rosso[41]. Per implementare questo progetto, SpaceX sta sviluppando la navetta con equipaggio chiamata Starship, e dal lanciatore "Super Heavy". Nel 2017 è stato presentato il progetto di invio di due missioni senza equipaggio su Marte nel 2022, seguite da missioni con equipaggio nel 2024. La navetta Starship dovrebbe avere un carico utile di 100 t, e utilizzare un sistema di atterraggio sia con aerofrenata che propulsivo.

Note

1. **^** (**EN**) Mars Advanced Planning Group 2006 *et al.*, *Robotic Mars Exploration Strategy* (**PDF**), a cura di D. McCleese, NASA, 2006, p. 27. URL consultato il 30 agosto 2012.

2. ^ (EN) *Easy Porkchop*, su *sdg.aero.upm.es*. URL consultato il 6 aprile 2020 (archiviato dall'url originale il 31 gennaio 2019).
3. (EN) David S. F. Portree, *Humans to Mars: Fifty Years of Mission Planning, 1950–2000*, in *NASA Monographs in Aerospace History Series*, n. 21, 2001, NASA SP-2001-4521. URL consultato il 30 agosto 2012.
4. ^ (EN) *Mars Exploration: MIssions*, su *Mars Exploration Program*, JPL, NASA. URL consultato il 9 luglio 2009 (archiviato dall'url originale il 16 luglio 2009).
5. ^ (EN) *THEMIS makes 60,000 orbits of Red Planet*, su *themis.asu.edu*. URL consultato il gennaio 2021.
6. ^ *Extended life for esa's science missions*, su *sci.esa.int*, 7 marzo 2023.
7. ^ Markley, Robert, pp. 233-235, 2005.
8. ^ *I sovietici primi su Marte Ora la Nasa ha le prove*, su *lastampa.it*, La Stampa, 16 aprile 2013.
9. ^ *PDS Geosciences Node Data and Services: MGS*, su *pds-geosciences.wustl.edu*. URL consultato il 27 agosto 2006.
10. ^ NASA, *Bright Chunks at Phoenix Lander's Mars Site Must Have Been Ice*, su *nasa.gov*, 19 giugno 2008. URL consultato il 1º maggio 2019 (archiviato dall'url originale il 24 settembre 2017).
11. ^ John Johnson, *Perchlorate found in Martian soil*, su *latimes.com*, Los Angeles Times, 6 agosto 2008.
12. ^ *Martian Life Or Not? NASA's Phoenix Team Analyzes Results*, su *sciencedaily.com*, Science Daily, 6 agosto 2008.
13. ^ (EN) *Next NASA Mars Mission Rescheduled for 2011*, su *nasa.gov*, NASA, 4 dicembre 2008. URL consultato il 5 dicembre 2008 (archiviato dall'url originale il 19 maggio 2022).
14. ^ *Curiosity Celebrates 10 Years on Mars*, su *nasa.gov*, 8 agosto 2022.
15. ^ *MAVEN Celebrates One Mars Year of Science*, su *lasp.colorado.edu*, 3 ottobre 2016.
16. ^ *MAVEN Steers Clear of Mars Moon Phobos*, su *lasp.colorado.edu*, 2 marzo 2017.
17. ^ *NASA's Mars MAVEN spacecraft spent 3 months on the brink of disaster*, su *Space.com*, 1º giugno 2022.
18. ^ *India's Mars Orbiter Mission has ended after 8 years. It was designed to only have a 6-month lifespan*, 5 ottobre.
19. ^ *ExoMars, l'Esa ha sospeso il programma*, su *media.inaf.it*, marzo 2022.
20. ^ *La missione ExoMars potrebbe ripartire nel 2028*, su *wired.it*, 21 ottobre 2022.
21. ^ (EN) *Saying 'Farewell' to InSight Mars Lander*, su *nasa.gov*, 20 dicembre 2022.
22. ^ *La sonda Hope degli Emirati Arabi Uniti ha raggiunto l'orbita di Marte*, su *Il Post*, 9 febbraio 2021. URL consultato il 10 febbraio 2021.
23. ^ *China simulates Mars landing and roving in preparation for 2020 mission*, su *GBTIMES*. URL consultato il 16 agosto 2018 (archiviato dall'url originale il 18 febbraio 2018).
24. ^ *Falcon Heavy lancerà la missione Psyche di NASA*, su *AstronautiNEWS*. URL consultato il 26 marzo 2020.
25. ^ (EN) *The EscaPADE smallsat mission to study the Martian atmosphere has passed PDR, but won't launch with Psyche as originally planned; will be remanifested on a future flight*, su *twitter.com*, 14 settembre 2020. URL consultato il 31 dicembre 2020.
26. ^ *Approvate le sonde gemelle Janus per l'esplorazione degli asteroidi binari*, su *AstronautiNEWS*. URL consultato il 16 settembre 2020.
27. ^ (EN) *India eyes a return to Mars and a first run at Venus*, su *Science*, 17 febbraio 2017.
28. ^ (EN) *Mars Sample Return*, su *esa.int*, ESA Portal. URL consultato il 9 luglio 2009.
29. ^ (EN) *ExoMars to take off for the Red Planet in 2022*, su *esa.int*, ESA, 12 marzo 2020. URL consultato il 25 marzo 2020.
30. ^ (EN) *ExoMars suspended*, su *esa.int*. URL consultato il 17 marzo 2022.
31. ^ *ExoMars official says launch unlikely before 2028*, su *SpaceNews*, 3 maggio 2022. URL consultato il 5 maggio 2022.

32. ^ *China aims to bring Mars samples to Earth 2 years before NASA, ESA mission*, su *spacenews.com*, 20 giugno 2022.
33. ^ Elizabeth Howell, *China plans to return Mars samples to Earth in 2031: report*, su *Space.com*, 21 giugno 2022.
34. ^ *Tianwen-3: China's Mars sample return mission*, su *The Planetary Society*.
35. (EN) Denise Chow, *Space Station Crucial for Going to Mars, NASA Chief Says*, su *Space.com*, 7 aprile 2011. URL consultato il 3 luglio 2011.
36. ^ (EN) *ISS Research Program*, su *spaceflightsystems.grc.nasa.gov*, NASA. URL consultato il 3 luglio 2011 (archiviato dall'url originale il 13 febbraio 2009).
37. ^ (EN) Peter B. de Selding, *ESA Chief Lauds Renewed U.S. Commitment to Space Station, Earth Science*, su *spacenews.com*, Space News, 2 marzo 2010. URL consultato il 12 settembre 2021 (archiviato dall'url originale l'11 settembre 2012).
38. ^ K.Klaus, M. L. Raftery e K. E. Post, *An Affordable Mars Mission Design* (PDF), *45th Lunar and Planetary Science Conference*, Houston TX, marzo 2014, Bibcode:2014LPI....45.2258K.
39. ^ Erin Mahoney, *NASA Releases Plan Outlining Next Steps in the Journey to Mars*, su *nasa.gov*, NASA, 24 settembre 2015. URL consultato il 12 ottobre 2015.
40. ^ *NASA's Journey To Mars: Pioneering Next Steps in Space Exploration* (PDF), su *nasa.gov*, NASA, 8 ottobre 2015.
41. ^ *SpaceX's Elon Musk Unveils Interplanetary Spaceship to Colonize Mars*, su *marssociety.org*, The Mars Society, 27 settembre 2016.

Bibliografia

- (EN) Robert Markley, *Mars in Science Fiction 1880-1913*, in *Dying planet: Mars in science and the imagination*, Duke University Press, 2005, ISBN 0-8223-3638-3.

Voci correlate

- Oggetti artificiali su Marte
- Colonizzazione dello spazio
- Progetto 242

Altri progetti

- Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/?uselang=it) contiene immagini o altri file su **esplorazione di Marte (https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Mars_exploration?uselang=it)**

Collegamenti esterni

-
- (EN, FR) *Esplorazione di Marte*, su *Enciclopedia canadese*.
- (EN) WhatOnMars (http://whatonmars.com/) Ultime novità e immagini da Marte
- (EN) marsgeo.com (https://web.archive.org/web/20070701175739/http://www.marsgeo.com/) Video, foto e analisi dettagliate della geologia
- (EN) space.com (http://www.space.com/marsrover/) Sito dei Rover marziani
- (EN) exploreMarsnow (http://www.exploremarsnow.org/) Simulazione interattiva di una base marziana

- (EN) Next on Mars (http://www.spacedaily.com/news/mars-future-05f.html) (Bruce Moomaw, Space Daily, 9 marzo 2005): Panoramica dettagliata dei piani di esplorazione di Marte della NASA
- (EN) [1] (https://mepag.jpl.nasa.gov/) Gruppo di analisi del programma di esplorazione di Marte al Jet Propulsion Laboratory
- (EN) Catalog of Soviet Mars images (http://www.mentallandscape.com/C_CatalogMars.htm) Collezione di immagini dalle sonde russe
- (EN) *Archivio storico di **tutte** le missioni NASA*, su *history.nasa.gov*.
- (EN) *Missioni NASA su Marte*, su *history.nasa.gov*.
- (EN) *Rassegna stampa online dell'esplorazione su Marte*, su *marstoday.com*.

Controllo di autorità	LCCN (EN) sh85081553 (http://id.loc.gov/authorities/subjects/sh85081553) · BNF (FR) cb12357917w (https://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb12357917w) (data) (https://data.bnf.fr/ark:/12148/cb12357917w) · J9U (EN, HE) 987007553217205171 (https://www.nli.org.il/en/authorities/987007553217205171)

Portale Astronautica **Portale Marte**

Estratto da "https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Esplorazione_di_Marte&oldid=143999903"